

# Szczegółowy opis wag

Zdjęcia zrobione podczas wykonywania wag zawarte są w prezentacji PowerPoint, natomiast obliczenia były zawarte w odpowiednich arkuszach Excel, jednak ze względu na problem z ich otwieraniem wklejam je w formie graficznej przy odpowiadających im akapitach.

- **Waga z układem optycznym**

Pierwsza spośród naszych machin działa podobnie do klasycznej wagi znanej już starożytnym – to znaczy na zasadzie dźwigni. Uznaliśmy jednak, że półtorametrowe ramię poruszające się na łożyskach zapewnia niedostateczną precyzję pomiarów, dlatego dokonaliśmy pewnych modyfikacji. Na dłuższym ramieniu umieściliśmy lustro, a w pewnym oddaleniu od niego laser.

Umieszczenie na bardziej oddalonym końcu piórka bądź kratki papieru powoduje niemal niezauważalne przechylenie wagi i uniesienie zwierciadła. Promień lasera po odbiciu się od lusterka trafia na kartkę papieru milimetrowego umieszczoną na drugim końcu klasy. Wynik odczytywany jest w milimetrach, a następnie ramię zostaje ponownie wyzerowane po zdjęciu ważonego przedmiotu. Niewielkie wahania ramienia zostają zwielokrotnione, co umożliwia bardziej precyzyjny pomiar. Pomiary tą wagą wykazały, że waga piórka odpowiada ok. 30 kratkom, natomiast niepewność wyniosła  $\pm 34$  kratki, choć powtarzalność wyników sugeruje, że są one bardziej miarodajne.

**Przedmioty użyte do wykonania tej wagi:**

- 1) Profile aluminiowe pozostałe po remoncie
- 2) łożyska znalezione gdzieś w garażu Damiana
- 3) Lustro zabrane Marlenie ku jej oburzeniu
- 4) Wkręty zakupione w sklepie
- 5) Wskaźnik laserowy (dostępne w wielu sklepach w granicach kilku złotych, my wykorzystaliśmy egzemplarz zasabrowany ze stołowej piły tarczowej)

lp	miar w mm	Pomiar <sup>2</sup>	Dokładność w kratkach na mm	Niepewność dokładności	Niepewność dokładności <i>Niepewność dokładności wynika z grubości linii lasera oraz faktu zaokrąglania odczytu do 1 mm</i>	Niepewność (wynika z odczytu na papierze milimetrym)	1
1	28	784	2	1			
2	30	900					
3	30	900	Średnia pomiarów	30			
4	32	1024	Suma kwadratów pomiarów	9014			
5	30	900	Odchylenie standardowe	1,183			
6	30	900	Niepewność całkowita pomiaru	2,183			
7	32	1024					
8	30	900	Pomiar masa piórka[kratki/mm]				
9	29	841	60	± 34,3664319132398			
10	29	841					

## • Waga strunowa

Nasze drugie urządzenie było nieco bardziej skomplikowane. Również składało się z ramienia umieszczonego na łożyskach, jednak krótsza jego część była połączona z podstawą za pomocą struny do gitary, a dłuższy fragment dzięki większej masie gwarantował jej naciąg (taki wygląd urządzenia budził niezdrową fascynację zespołu poprzez skojarzenie z katapultą, na którą zamierzamy je niegdyś przerobić). Umieszczenie na bardziej oddalonym końcu piórka bądź kratki papieru, poprzez zwiększenie siły ciężkości, powodowało zwiększenie naciągu. Pomiar odbywał się poprzez szarpnięcie struny i zmierzenie przy użyciu oscyloskopu (dostępny w formie darmowych aplikacji na telefon) różnic w częstotliwości dźwięku między pustą, a obciążoną wagą. Dla zwiększenia precyzji „brzdąknięcia” użyliśmy sprężyny z długopisu, odchylanej o określony kąt. Gwarantowało to powtarzalność dźwięków większą, niż naciąg przy użyciu palca. Pomiar tą wagą wykazały, że waga piórka odpowiada ok. 55 kratkom, natomiast niepewność wyniosła  $\pm 26$  kratek. Do pomiarów użyte zostały kartki z innego zeszytu niż do wagi z układem optycznym, co tłumaczyć może różnice.

### Przedmioty użyte do wykonania tej wagi:

- 1) Deski użyte do wykonania ramy
- 2) Struna od gitary, znaleziona przez Grzegorza
- 3) Wkręty i śruby, znajdowane w najróżniejszych zakamarkach
- 4) Oscyloskop w formie darmowej aplikacji na PC oraz mikrofonu (uznaliśmy, że są to rzeczy powszechnie dostępne)
- 5) Sprężyna z długopisu

Pomiar 0	X^2			Pomiar 5 kratki	X^2			pomiar piórko	X^2		
964,29	929855,204			991,84	983746,586			1176,8	1384858,24		
925,71	856939,004	Suma kwadra	9228853,33	991,84	983746,586	Suma kwadra	9699881,61	1157,1	1338880,41	Suma kwadra	15160329,5
977,87	956229,737			977,87	956229,737			1239,8	1537104,04		
951,08	904553,166	Odchylenie	15,5716981	991,84	983746,586	Odchylenie	6,985	1197	1432809	Odchylenie	45,0083159
951,08	904553,166			977,87	956229,737			1262,3	1593401,29		
964,29	929855,204			977,87	956229,737			1218	1483524		
977,87	956229,737			991,84	983746,586			1239,8	1537104,04		
977,87	956229,737			991,84	983746,586			1285,7	1653024,49		
951,08	904553,166			977,87	956229,737			1310	1716100		
964,29	929855,204			977,87	956229,737			1218	1483524		
960,543				984,855				1230,45			
Różnica	Odchylenie			Pomiar piórka	Różnica	Odchylenie					
24,312	8,58669808			Różnica od równowagi	269,907	29,4366178					
4,8624	1,71733962			Pomiar wagi piórka[kratki]	55,5090079	25,6590235					

## • Waga magnetyczna

Tę wagę prezentujemy bardziej jako ciekawostkę niż faktycznie działające urządzenie, ze względu na niską dokładność i naszą niepewność co do jej faktycznego działania. Żaden z kilku wykonanych prototypów nie spełnił naszych oczekiwań, jednak ilość pracy sprawiła, że chcieliśmy o niej wspomnieć. Według pierwotnego założenia, składać się miała z dwóch magnesów w kształcie pierścieni umieszczonych na pionowej prowadnicy. Magnesy te, umieszczone w stosunku do siebie tymi samymi biegunami, miały się odpychać, a w konsekwencji jeden miał lewitować nad drugim. Okazało się jednak, że ani piórko, ani nawet 100 kratek papieru nie chcą doprowadzić do obniżenia się górnego magnesu w zauważalnym stopniu. Użycie innych magnesów nie dawało zmiany rezultatu. W pewnym momencie naszego projektu weszliśmy jednak w posiadanie dużej ilości małych magnesów w kształcie walca (5 mm średnicy, 1 mm wysokości). Naprędce skonstruowana z kartonu waga (składająca się z dwóch okrągłych kartoników z przyklejonymi doń magnesami umieszczonych na prowadnicy w kształcie „X”) mogła zaspokoić nasze pragnienie dotyczące poznania prawdziwej natury pierza. Niestety jednak karton stawiał zbyt duży opór uniemożliwiający pomiar. Postanowiliśmy użyć magnetometru, w który wyposażona jest większość telefonów, ten pomysł jednak też nie okazał się trafny. Wartości wskazywane przez urządzenie potrafiły się od siebie znacznie różnić na przestrzeni kilku sekund, ze względu na ruch biurka czy nawet oddech badającego. Duża ilość pomiarów nie doprowadziła do żadnych sensownych wniosków, za to przyprawiła Mateusza o dwudniowy ból głowy i wahania nastrojów. Wówczas postanowiliśmy skupić się na dwóch pierwszych urządzeniach.